

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

WEST

Generate Collection

Print

L12: Entry 6 of 36

File: JPAB

Apr 7, 2000

PUB-NO: JP02000101134A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000101134 A

TITLE: NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT AND MANUFACTURE THEREOF

PUBN-DATE: April 7, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MIYAWAKI, MAKOTO

HORIO, TADASHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

STANLEY ELECTRIC CO LTD

APPL-NO: JP10264210

APPL-DATE: September 18, 1998

INT-CL (IPC): H01 L 33/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form ohmic electrodes having good adhesion by a method wherein the surface of a P-type gallium nitride semiconductor crystal layer is subjected to surface treatment with a liquid having a deoxygenation action and the ohmic electrodes are formed on the surface of the P-type gallium nitride semiconductor crystal layer.

SOLUTION: A non-doped GaN layer is formed on a sapphire substrate 1 as a buffer layer 2 by an organometallic vapor growth method. An Mg-doped Al_{0.1}Ga_{0.9}N crystal layer (equivalent to a P-type gallium nitride semiconductor crystal layer 3) is formed on this buffer layer 2 by the organometallic vapor growth method and is used as an intermediate product. After that, gold electrodes 4 are respectively formed on the Mg-doped Al_{0.1}Ga_{0.9}N crystal layer of the intermediate product by a vacuum evaporation. In such a way, a nitride semiconductor element 5, which is provided with the buffer layer (non-doped GaN layer) 2 formed on the surface on one side of the surfaces of the substrate 1, the P-type gallium nitride semiconductor crystal layer (Mg-doped Al_{0.1}Ga_{0.9}N crystal layer) 3 formed on the layer 2 and the gold electrodes 4 formed on the layer 3, is formed.

COPYRIGHT: (C) 2000, JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-101134

(P2000-101134A)

(43) 公開日 平成12年4月7日 (2000.4.7)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

キーワード (参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

C 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-264210

(22) 出願日 平成10年9月18日 (1998.9.18)

(71) 出願人 000002303

スタンレー電気株式会社

東京都目黒区中目黒2丁目9番13号

(72) 発明者 宮脇 誠

神奈川県横浜市緑区三保町2710-137

(72) 発明者 堀尾 直史

神奈川県横浜市都筑区大丸10番 1-207

(74) 代理人 100091340

弁理士 高橋 敬四郎 (外1名)

Fターム (参考) 5F041 AA21 AA41 AA42 CA34 CA40

CA46 CA49 CA57 CA64 CA65

CA74 CA77 CA83 CA99 DA07

FF06 FF14 FF16

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体素子の製造方法および窒化物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 p型窒化ガリウム系半導体結晶層と当該p型窒化ガリウム系半導体結晶層表面に形成されたオーミック電極とを有する窒化物半導体素子を従来の方法によって製造すると、オーミック電極が剥離しやすい、生産性が低下する、または、得られる素子間での特性のバラツキが大きくなる、等の問題が生じやすい。

【解決手段】 少なくとも1層のp型窒化ガリウム系半導体結晶層を含む窒化物半導体素子を製造するにあたって、p型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面のうち少なくともオーミック電極を形成しようとする部分を、脱酸素作用を有する液体によって表面処理した後、表面処理したp型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面上にオーミック電極を形成する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1層のp型窒化ガリウム系半導体結晶層を含む窒化物半導体素子を製造する方法であって、

前記p型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面のうち少なくともオーミック電極を形成しようとする部分を、脱酸素作用を有する液体によって表面処理する工程と、表面処理したp型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面上にオーミック電極を形成する工程とを含む窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項2】 前記脱酸素作用を有する液体として、塩酸系、硫酸系もしくは硝酸系の液体またはフッ酸を用いる、請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記脱酸素作用を有する液体として王水を用いる、請求項1または請求項2に記載の方法。

【請求項4】 前記脱酸素作用を有する液体によってp型窒化ガリウム系半導体結晶層を表面処理する工程を行った後、表面処理したp型窒化ガリウム系半導体結晶層にリンス処理を施し、その後、オーミック電極を形成するまでの間、少なくとも前記表面処理したp型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面を脱水性の液体中に浸漬しておく、請求項1～請求項3のいずれかに記載の方法。

【請求項5】 前記脱水性の液体としてイソプロピルアルコールを用いる、請求項4に記載の方法。

【請求項6】 前記オーミック電極として金(Au)電極を形成する、請求項1～請求項5のいずれかに記載の方法。

【請求項7】 少なくとも1層のp型窒化ガリウム系半導体結晶層を含む窒化物半導体素子を製造する方法であって、前記p型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面のうち少なくともオーミック電極を形成しようとする部分に自然酸化膜を除去するための表面処理を施す工程と、表面処理したp型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面上にオーミック電極を形成する工程とを含む窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項8】 前記オーミック電極として金(Au)電極を形成する、請求項7に記載の方法。

【請求項9】 少なくとも1層のn型窒化ガリウム系半導体結晶層と、前記のp型窒化ガリウム系半導体結晶層にオーミック接触している金(Au)電極とを有し、該金(Au)電極の前記p型窒化ガリウム系半導体結晶層に対する密着性がワイヤボンディング工程において、剥離を生じない程、高いことを特徴とする窒化物半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも1層のp型窒化ガリウム系半導体結晶層と当該p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に形成されたオーミック電極とを有

している半導体素子（以下、この半導体素子を「窒化物半導体素子」という）の製造方法、および前記のオーミック電極として金(Au)層を有している窒化物半導体素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 $B_x Al_y Ga_z In_{1-x-y-z} N$ ($x \geq 0, y \geq 0, z > 0, x + y + z \leq 1$) で表される化合物半導体（本明細書では、この化合物半導体を「窒化ガリウム系半導体」という）結晶は、SiまたはGe等がドーパされているn型窒化ガリウム系半導体結晶層、および、Mg, Zn, Cd, Be, CaまたはHg等がドーパされているp型窒化ガリウム系半導体結晶層を成膜する技術がそれぞれ確立されて以来、半導体素子の材料として注目されている。

【0003】特に、n型およびp型の窒化ガリウム系半導体結晶層を基板上に積層することによって青紫色～青色の波長域の光を発する発光素子を得ることができ、この発光素子を赤色、緑色発光素子と組み合わせればフルカラー表示が可能になり、光記録媒体用の光源として用いられれば光記録媒体の面記録密度を向上させることが可能になり、情報伝送光として用いられれば伝送密度を向上させることが可能になることから、上記の窒化ガリウム系半導体結晶は発光素子の材料として注目されている。

【0004】ところで、窒化物半導体素子を作製する際には、n型窒化ガリウム系半導体結晶層とp型窒化ガリウム系半導体結晶層とを基板上に積層する場合が多い。p型窒化ガリウム系半導体結晶層上には、通常、少なくとも1つの電極が形成される。

【0005】性能の高い窒化物半導体素子を得るためには、下地となっている半導体結晶層にオーミック接触している電極（以下、この電極を「オーミック電極」という。）を形成することが望まれる。p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に形成するオーミック電極の材料としては、従来より金(Au)が知られている。

【0006】しかしながら、金(Au)電極はp型窒化ガリウム系半導体結晶層に対する密着性に乏しく、次工程での作業中に剥離しやすい。特にワイヤボンディング工程ではほぼ100%の金(Au)電極が剥離してしまう。

【0007】このため、p型窒化ガリウム系半導体結晶層に対する密着性が高く、かつ、p型窒化ガリウム系半導体結晶層とオーミック接触する電極の開発が進められており、既に幾つかの提案がなされている。

【0008】例えば、特開平6-275868号公報には、(1) 特定のキャリア濃度を有するp型窒化ガリウム系半導体結晶層上にCr層またはNi層を形成した後に当該Cr層またはNi層をアニーリングすることによってオーミック電極を形成する方法、および、(2) 特定のキャリア濃度を有するp型窒化ガリウム系半導体結晶層上にCr-Ni合金層、または、Au, Pt, Mo, T

i, In, Gaより選択された少なくとも一種の金属とCrもしくはNiとの合金層を形成した後に当該合金層をアニーリングすることによってオーミック電極を形成する方法、が開示されている。

【0009】また、特開平7-94782号公報には、オーミック電極とボンディング用電極とを別々に形成した、p層を発光観察面側とする窒化ガリウム系半導体発光素子が開示されている。この窒化ガリウム系半導体発光素子では、図6に示すように、絶縁性サファイア基板40上にn型窒化ガリウム系半導体結晶層41とp型窒化ガリウム系半導体結晶層42とが所定形状に順次積層されており、p型窒化ガリウム系半導体結晶層42表面のほぼ全面に、Au, Pt, Al, Sn, Cr, Ti, Ni等の電極材料からなる透光性のオーミック電極43が形成されている。そして、オーミック電極43の一部を貫通するようにして設けられている窓部44に、Cr, Al, Au等の少なくとも2種以上またはAl単独からなるボンディング用の電極45が形成されている。特に好ましいオーミック電極43としては、p型窒化ガリウム系半導体結晶層42上にNi層およびAu層を順次形成した後にこれらの金属層にアニーリング処理を施して合金化したものが挙げられている。なお、図6中の符号46は、n型窒化ガリウム系半導体結晶層41上に形成されたn電極を示している。

【0010】さらに、特開平7-288321号公報には、p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に低抵抗抵抗の電極を形成する方法として、(1) p型窒化ガリウム系半導体結晶層上にAuとMgおよび/またはZnとを含む合金層を直接成膜することによって低抵抗電極を形成する方法、および、(2) p型窒化ガリウム系半導体結晶層上にAu層とMg層および/またはZn層を順次成膜した後、これらのAu層ならびにMg層および/またはZn層をアニーリング処理によって合金化して低抵抗電極を形成する方法、が開示されている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に単一金属の電極を単に形成し、オーミック性と密着性を両者を満足させることは困難であった。

【0012】所定の組成を有する合金層を形成し、アニール処理することによってオーミック電極を得る方法が提案されているが、アニール処理は必須工程である。

【0013】合金電極の組成に応じた複数の単体金属薄膜を順次積層し、その後、これらの単体金属薄膜をアニーリング処理によって合金化する方法も提案されているが、このような方法では工程数が増加し、合金電極形成に比較的長時間を要するようになり、生産性が低下しやすい。

【0014】同様に、単体のNiまたはCrからなるオーミック電極をp型窒化ガリウム系半導体結晶層上に形成するためには、Ni層またはCr層を一旦形成した後

に当該Ni層またはCr層をアニール処理しなければならないので、その形成に比較的長時間を要し、生産性が低下しやすい。

【0015】p型窒化ガリウム系半導体結晶層上にオーミック接触用の電極とボンディング用の電極を形成した場合も、工程数が増加し、目的とする電極を形成するのに比較的長時間を要し、生産性が低下しやすい。

【0016】本発明の第1の目的は、p型窒化ガリウム系半導体結晶層と当該p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に形成されたオーミック電極とを有し、前記のオーミック電極が剥離しにくい窒化物半導体素子を容易に得ることができる窒化物半導体素子の製造方法を提供することにある。

【0017】また、本発明の第2の目的は、p型窒化ガリウム系半導体結晶層と当該p型窒化ガリウム系半導体結晶層上にオーミック接触している金(Au)電極とを有し、前記の金(Au)電極が剥離しにくい窒化物半導体素子を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によれば、少なくとも1層のp型窒化ガリウム系半導体結晶層を含む窒化物半導体素子を製造する方法であって、前記p型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面のうち少なくともオーミック電極を形成しようとする部分を、脱酸素作用を有する液体によって表面処理する工程と、表面処理したp型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面上にオーミック電極を形成する工程とを含む窒化物半導体素子の製造方法が提供される。

【0019】本発明の他の観点によれば、少なくとも1層のp型窒化ガリウム系半導体結晶層を含む窒化物半導体素子を製造する方法であって、前記p型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面のうち少なくともオーミック電極を形成しようとする部分に自然酸化膜を除去するための表面処理を施す工程と、表面処理したp型窒化ガリウム系半導体結晶層の表面上にオーミック電極を形成する工程とを含む窒化物半導体素子の製造方法が提供される。

【0020】本発明のさらに他の観点によれば、少なくとも1層のn型窒化ガリウム系半導体結晶層と、前記のp型窒化ガリウム系半導体結晶層にオーミック接触している金(Au)電極とを有し、該金(Au)電極の前記p型窒化ガリウム系半導体結晶層に対する密着性がワイヤボンディング工程において、剥離を生じない程、高い窒化物半導体素子が提供される。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、実施例および比較例を挙げて本発明を詳細に説明する。

【0022】まず、サファイア基板上にバッファ層としてのノンドープGa_{0.1}N_{0.9}層(膜厚3μm)を有機金属気相成長法によって形成し、このバッファ層上に膜厚1μmのMgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層(p型窒化ガリ

ウム系半導体結晶層に相当する。)を有機金属気相成長法によって形成することにより、計10個の中間製品を得た。

【0023】次に、個々の中間製品を液温20℃の王水(体積比で濃硝酸1:濃塩酸3)中に浸漬することによって、これらの中間製品におけるMgドーパAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層に表面処理を施した。このときの浸漬時間は、中間製品ごとに60秒、180秒、300秒、420秒または600秒とし、浸漬時間が等しい中間製品が2個ずつ得られるように行った。

【0024】上記の表面処理後、超純水を用いて各中間製品に30秒以内、たとえば約15秒間リンス処理を施し、その後直ちに、これらの中間製品をイソプロピルアルコール(H₂O含有率0.01%以下)中に浸漬した。

【0025】この後、各中間製品のMgドーパAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層上に、直径150μmの円形を呈する膜厚0.6μmの金(Au)電極を真空蒸着法によってそれぞれ49個ずつ形成した。このようにして、図1に示すように、サファイア基板1と、サファイア基板1の片面に形成されたバッファ層(ノンドープGaN層)2と、バッファ層2上に形成されたp型窒化ガリウム系半導体結晶層(MgドーパAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層)3と、p型窒化ガリウム系半導体結晶層3上に形成された49個の金(Au)電極4とを有する窒化物半導体素子5を計10個得た。このとき、全ての中間製品は、金(Au)電極4形成の直前まで上記のイソプロピルアルコール中に浸漬しておいた。

【0026】このようにして作製した各窒化物半導体素子*

*子に対して、下記の密着性試験Iおよび密着性試験IIをそれぞれ行った。これらの結果を表1に示す。

【0027】(1) 密着性試験I

個々の窒化物半導体素子について、全ての金(Au)電極を覆うようにして粘着シート(三井東圧化学株式会社製のイクロステープ)を被せ、前記の粘着シートを端から剥離し、このとき粘着シートと一緒に剥離した金(Au)電極の数を計数する。

【0028】(2) 密着性試験II

10 図2に示すように、窒化物半導体素子5を構成している個々の金(Au)電極4上にボールボンディング法によって25μm径の金ワイヤ10を接続できるか否かを試験する。このときのボンディング条件は、ステージ温度80℃、加圧時間50~70ms、ツール(キャピラリ11(図2参照))の上昇・移動距離2mmとし、1つの金(Au)電極4について2回以内のボンディング操作で金ワイヤ10を接続することができれば可として、金ワイヤ10を接続することができなかった金(Au)電極4の数を計数する。なお、図2に示した部材のうちで図1に示した部材と共通するものについては、図1で用いたのと同じ参照番号を付してある。

【0029】また、比較例として、王水による表面処理を施さなかった以外は上述の実施例と全く同じ条件の下に窒化物半導体素子を計2個作製し、これらの窒化物半導体素子について、実施例におけるのと全く同じ条件の下に密着性試験Iおよび密着性試験IIを行った。結果を表1に併記する。

【0030】

【表1】

	表面処理時間	密着性試験I #1	密着性試験II #2
実施例	60秒	4	2
	180秒	2	1
	300秒	1	0
	420秒	0	0
	600秒	0	0
比較例	0秒	99	100

*1: 粘着シートと一緒に剥離した金(Au)層の百分率を示す。

*2: 金ワイヤを接続することができなかった金(Au)層の百分率を示す。

【0031】表1に示したように、MgドーパAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層に王水による表面処理を施すことにより、当該MgドーパAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層上に単に金(Au)層を形成するだけで、アニール処理を行わず※50

※くても高い密着性の下に金(Au)電極を形成することが可能になる。王水による表面処理の効果は、上記の実施例の場合には、処理時間が1分程度でも十分に発現するが、当該処理時間を5分程度ないしはそれ以上とする

ことにより、極めて高い密着性の下に前記の金(Au)電極を形成することが可能になる。

【0032】図3(A)は、王水处理を行ったp型窒化ガリウム系半導体層表面に形成した金電極のI-V特性を示す。電圧の変化と共に電流がリニアに変化するきれいなオーミック特性が得られている。

【0033】電極形成後の熱処理(合金化熱処理)の有無に拘らず、MgドーパAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層上に形成した任意の2つの金(Au)電極間の電流電圧特性は、図3(A)に示すようなオーミック性を示した。

【0034】図3(B)は、王水处理を行わなかったp型窒化ガリウム系半導体層表面に形成した金電極のI-V特性を示す。電流の立上り部分が曲がった特性となっており、厳密な意味ではオーミック特性とは言えない。また、抵抗も高くなっている。

【0035】王水による表面処理により窒化ガリウム系半導体表面でどのような現象が生じているか未確認であるが、表面に形成されている自然酸化膜が除去された可能性が高い。とすれば、窒化ガリウム系半導体表面から自然酸化膜を除去すれば、密着性、オーミック性に優れた電極を形成できることになる。

【0036】以上、実施例および比較例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記の実施例に限定されるものではない。

【0037】例えば、上記の実施例では王水を用いてp型窒化ガリウム系半導体結晶層(MgドーパAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層)に表面処理を施したが、王水に限らず、発煙塩酸、塩酸-過酸化水素水混合液等の塩酸系の液体や、硝酸系の液体等、Ga₂O₃に対して脱酸素作用を有する液体であれば同様の効果を得ることが期待できる。脱酸素作用を有する液体の中でも塩酸系の液体が好ましく、特に王水が好ましい。

【0038】王水の調製は、体積比で濃硝酸1:濃塩酸3が一般的であるが、より広い混合範囲でも効果が認められる。同様に、塩酸-過酸化水素水混合液における塩酸と過酸化水素水の体積比は1:1が好ましいが、当該体積比を1:1以外にしても効果が得られるであろう。

【0039】脱酸素作用を有する液体を用いた表面処理(以下、この表面処理を「表面処理I」という。)の処理時間は、使用する液体の種類およびその液温に応じて異なるが、上で例示したいずれの液体を用いた場合でも、その液温が何度であっても、処理を行い過ぎたことによって窒化ガリウム系半導体結晶が悪影響を受けるということは実質的にない。

【0040】表面処理Iを施した後は、前述した実施例におけるように、リンス処理を行うことが実用上好ましい。このリンス処理は、超純水または酸素含有率が概ね10ppm以下の純水を用いて短時間行うことが好ましい。例えば、25℃における酸素含有率が概ね5ppb以下の超純水を用いた場合には処理時間を概ね30秒

以下とし、酸素含有率が8ppm以下の純水(電気抵抗率15MΩ以上)を用いた場合には処理時間を概ね15秒以下とすることが好ましい。酸素含有率が高い液体を用いてのリンス処理や長時間のリンス処理は、p型窒化ガリウム系半導体結晶層表面に自然酸化膜を生じさせる可能性があるため、好ましくない。

【0041】リンス処理を行った後は、できるだけ短時間の内に電極を形成する工程に移行することが好ましいが、当該工程に短時間のうちに移行することができない場合には、前述した実施例におけるように、リンス処理後直ちに、少なくともp型窒化ガリウム系半導体結晶層(電極をその上に形成しようとしているp型窒化ガリウム系半導体結晶層)をイソプロピルアルコールや他の脱水性の液体中に浸漬し、電極形成までそのまま保つことが好ましい。イソプロピルアルコール以外の脱水性の液体としては、例えばメタノール、エタノール、アセトン等を用いることができる。脱水性の液体におけるH₂O含有率は概ね0.01%以下であることが好ましい。脱水性の液体は後工程において揮散させる必要があるため、当該脱水性の液体としては揮発性の高いものが好ましく、このような観点から特にイソプロピルアルコールが好ましい。

【0042】上述した表面処理Iおよびリンス処理ならびに必要な応じての脱水性の液体への浸漬処理を行った後に、p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に電極を形成することにより、たとえ電極材料として金(Au)のみを用いた場合でも、当該電極を高い密着性の下にp型窒化ガリウム系半導体結晶層上に形成することが可能になる。しかも、脱酸素作用を有する液体による表面処理、リンス処理および脱水性の液体への浸漬処理は、窒化物半導体素子を作製する際に従来より行われている洗浄工程において容易に実施することができる。

【0043】したがって、電極材料として金(Au)、白金(Pt)、イリジウム(Ir)、パラジウム(Pd)等の単体金属を単独で用いることにより、アニーリング処理を行わなくても、剥離しにくいオーミック電極をp型窒化ガリウム系半導体結晶層上に容易に形成することが可能になる。このとき、単体金属からなる電極は、真空蒸着法、スパッタリング等の方法によって所望の単体金属層を成膜し、その後、必要に応じて当該単体金属層を所定形状にエッチングすることにより、形成することができる。

【0044】例えば電極材料として金(Au)を用いた場合には、所望形状の金(Au)層を単に形成するだけで、その後にアニーリング処理等の後処理を施さなくても、p型窒化ガリウム系半導体結晶層に対する密着性がワイヤボンディング工程において、剥離を生じさせない程、高い金(Au)電極を得ることができる。

【0045】また、電極材料として金(Au)を用いる場合には、p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に金(A

u) 電極を形成した後、当該金(Au)電極上に更にAl, すず(Sn)等の単体金属もしくは合金からなる層を形成することにより、電極全体としてのボンディング性を更に向上させることもできる。

【0046】なお、前述した表面処理Iを施せば、p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に従来と同様にして合金電極を形成した場合でも、当該合金電極のp型窒化ガリウム系半導体結晶層に対する密着性が向上するであろう。

【0047】p型窒化ガリウム系半導体結晶層表面に自然酸化膜が形成されていた場合には、表面処理Iを施すことにより当該自然酸化膜を消失させることができる。したがって、表面処理Iと同様の効果は、電極を形成しようとするp型窒化ガリウム系半導体結晶層に対して当該結晶層の表面に形成されている自然酸化膜を除去することができる表面処理(以下、この表面処理を「表面処理II」という)を施すことによっても得ることができる。

【0048】上記の表面処理IIには、(1) p型窒化ガリウム系半導体結晶層表面に形成された自然酸化膜をエッチング除去するための処理(以下、この処理を「表面処理IIa」という)と、(2) p型窒化ガリウム系半導体結晶層表面に形成された自然酸化膜を脱酸素するための処理(以下、この処理を「表面処理IIb」という)とが含まれる。

【0049】上記の表面処理IIaとしては、例えばウェットエッチングやドライエッチングのエッチング、ミリング、スパッタリング等が挙げられる。一方、上記の表面処理IIbとしては、例えば脱酸素作用を有する気体による処理や、前述した表面処理Iが挙げられる。

【0050】表面処理IIaを行った場合や、表面処理IIbを行った場合、表面に残留物が残る可能性があれば、その後、必要に応じて表面処理Iにおけるのと同様にしてリンス処理を行い、さらに、脱水性の液体中への浸漬処理を行うことが好ましい。

【0051】前述した実施例で作製した窒化物半導体素子は、バッファ層を除くと、窒化ガリウム系半導体結晶層を唯1つ有するものであったが、窒化物半導体素子は、少なくとも1層のp型窒化ガリウム系半導体結晶層と、当該p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に上述の方法に基づいて形成された少なくとも1個のオーミック電極を有しているものであればよく、その層構成は、目的とする窒化物半導体素子の用途等に応じて適宜選定できる。

【0052】例えば、目的とする窒化物半導体素子が発光素子である場合には、当該発光素子が発光ダイオードであるのか半導体レーザであるのか、あるいは、表示用発光素子であるのか通信用発光素子であるのか、あるいはまた、面発光型素子であるのか端面発光型素子であるのか等に応じて、その層構成が適宜選定される。

【0053】このとき、p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に形成するオーミック電極以外の構成要素は公知の方法により形成することができ、各層の形成方法は、形成しようとする層の組成、生産性等を勘案して適宜選択可能である。

【0054】例えば、i型またはノンドーパの窒化ガリウム系半導体結晶層、n型窒化ガリウム系半導体結晶層、p型窒化ガリウム系半導体結晶層は、分子線エピタキシー法、ガスソース分子線エピタキシー法、有機金属気相成長法、ハライド気相成長法等の方法によって形成することができる。

【0055】図4に示すように、サファイア基板20上にバッファ層21を形成し、このバッファ層21上にn型窒化ガリウム系半導体結晶層22およびp型窒化ガリウム系半導体結晶層23を順次積層した後にこれらのn型窒化ガリウム系半導体結晶層22およびp型窒化ガリウム系半導体結晶層23を所定形状にエッチングし、その後、p型窒化ガリウム系半導体結晶層23上に本発明の方法に基づいてp電極24を形成し、n型窒化ガリウム系半導体結晶層22上にn電極25を形成することにより、青色光を発する面発光型の発光ダイオード26を得ることができる。なお、p電極24とn電極25の形成順は、適宜選択される。

【0056】また、図5に示すように、サファイア基板30上にバッファ層31、n型窒化ガリウム系半導体結晶層32、活性層34およびp型窒化ガリウム系半導体結晶層36を順次積層した後、n型窒化ガリウム系半導体結晶層32から上の層を所定形状にエッチングし、その後、p型窒化ガリウム系半導体結晶層36上に前述の方法に基づいてp電極37を形成し、n型窒化ガリウム系半導体結晶層32上にn電極38を形成することにより、青紫色光を発振するダブルヘテロ構造の半導体レーザ39を得ることができる。なお、p電極37とn電極38の形成順は、適宜選択される。

【0057】窒化物半導体素子を製造するにあたっては、窒化ガリウム系半導体結晶層を形成するための基板としてサファイア基板を用いることが好ましいが、他に、炭化ケイ素基板、スピネル等を用いることもできる。炭化ケイ素基板のような導電性基板を用いた場合には、p型窒化ガリウム系半導体結晶層上にp電極を形成し、必要に応じて、導電性基板の裏面(窒化ガリウム系半導体結晶層が形成される面とは反対側の面)にn電極を形成するようにしてもよい。なお、炭化ケイ素基板を用いる場合、窒化ガリウム系半導体結晶層を形成しようとする面の面方位は、(0001)とすることが好ましい。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、p型窒化ガリウム系半導体結晶層上に高い密着性の下にオーミック電極を形成することが容易になるので、高い

生産性の下に窒化物半導体素子を提供することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例で作製した窒化物半導体素子の概略を示す断面図である。

【図2】実施例および比較例で行った密着性試験IIの概略を示す断面図である。

【図3】実施例で作製した窒化物半導体素子に通電した時の電流電圧特性の一例を示すグラフである。

【図4】本発明の方法に基づいて製造される窒化物半導体素子の1つである発光ダイオードの一例を概略的に示す断面図である。

【図5】本発明の方法に基づいて製造される窒化物半導体素子の1つである半導体レーザの一例を概略的に示す

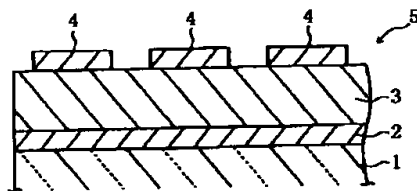
断面図である。

【図6】従来の方法によって製造された窒化物半導体素子の一例を概略的に示す断面図である。

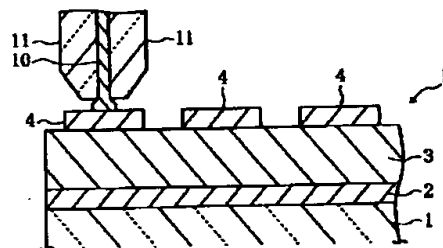
【符号の説明】

1, 20, 30…サファイア基板、2, 21, 31…バッファ層、3…MgドープAl_{0.1}Ga_{0.9}N結晶層、4…金(Au)電極、10…金ワイヤ、11…キャピラリ、22, 32…n型窒化ガリウム系半導体結晶層、23, 36…p型窒化ガリウム系半導体結晶層、24, 37…p電極、25, 38…n電極、26…発光ダイオード、33…n型クラッド層、34…活性層、35…p型クラッド層、39…半導体レーザ

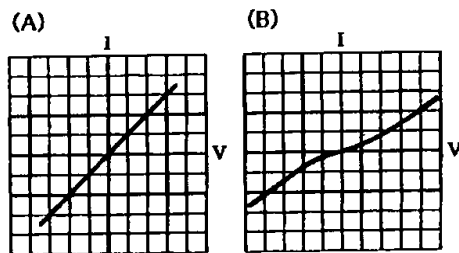
【図1】



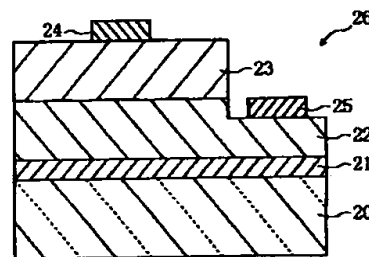
【図2】



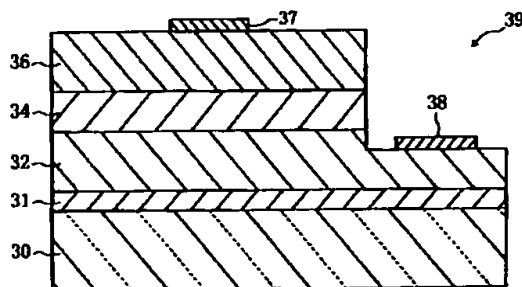
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

従来技術

